基于眼动仪的智能冰箱人机界面评估方法研究

张宇红，朱昊
（西安工业大学，西安 710021）

摘要：目的 通过眼动测试实验对智能冰箱人机界面进行无意识认知评估和可用性评估，提出优化解决方案。**方法** 采用眼动跟踪技术测试，以 3 款智能冰箱人机界面为例，对智能冰箱人机界面进行无意识认知评估指标（首次注视时间）和可用性评估指标（进入次数、注视点、注视时间）分析，并结合用户体验（问卷调查、用户访谈）所得出的调查实验结果，对智能冰箱人机界面进行再设计改良。**结论** 将无意识认知评估、可用性评估以及用户体验相结合的评估方法适用于智能冰箱人机界面，设计出优良的智能冰箱人机界面，能够完善产品用户体验，同时为其他人机界面设计提供新的思路。

关键词：眼动测试；人机界面；可用性评估；无意识认知评估；用户体验
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)24-0223-05
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.24.036

Evaluation Method of Human-machine Interface of Intelligent Refrigerator Based on Eye Tracker

ZHANG Yu-hong, *ZHU Hao*
(Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to evaluate the unconscious cognition and usability of the human-machine interface of intelligent refrigerator through eye movement test, so as to propose an optimization solution. With the tracking technology test of eye movement, and taking the human-machine interface of three intelligent refrigerators as an example, the unconscious cognition evaluation index (first fixation time) and the usability evaluation index (entry times, fixation points, fixation time) of the human-machine interface of intelligent refrigerators were analyzed. In addition, combined with the results of the survey obtained from the user experience (questionnaire investigation, user interview), the human-machine interface of intelligent refrigerators was designed and improved again. The evaluation method combined with unconscious cognition evaluation, usability evaluation and user experience is applied to the human-machine interface of intelligent refrigerator to design an excellent human-machine interface of intelligent refrigerator, thus improving product user experience and providing new ideas for other human-machine interface design.

KEY WORDS: eye movement test; human-machine interface; usability evaluation; evaluate the unconscious cognition; user experience

随着智能时代的来临，人们对于智能家电的实际需求和心理需求越来越大[1]。良好的交互设计能减少用户与人机交互中的阻碍，增强用户与机器之间的联系，达到强化兴趣交互，吸引用户购买的目的。传统冰箱已经成为家庭中主流的家电，但传统冰箱缺乏对内部温度的管理和控制。智能冰箱差异于传统的冰箱，可以对内部温度进行直接有效的管控。智能冰箱根据储存的需求，不仅可以对智能冰箱内部各个间室温度进行合理调节，同时也满足了用户的参与度和满意度[2]。由于市场上不同品牌、不同型号的智能冰箱在人机交互界面设计上存在着一定的差异，用户不再仅仅关注于产品的物理追求，反而越来越关注心理追

收稿日期：2019-08-08
基金项目：国家自然科学基金资助项目（51675530）
作者简介：张宇红（1968—），女，陕西人，西安工业大学副教授，主要从事人机工程、工业设计等方面的研究。

求[3]。本文采用眼动测试实验，对现有的智能冰箱人机界面进行无意识认知评估和可用性评估，并结合以人为本的核心理念，对原有智能冰箱界面进行设计改良，进一步提升智能冰箱的用户体验。

1 无意识认知现状研究

1.1 无意识认知人机界面设计

弗洛伊德将精神意识分为前意识、无意识和意识。其中，无意识指几乎没有进入意识层面，但又几乎是本能所产生行为的东西[4]。认知心理学的兴起让无意识成为当今的研究热门，深泽直人通过对生活中细微的观察将人们无意识的行为转换为可以看得见摸得着的设计，即“将无意识的行为转换为可见之物”[5]。简而言之就是注重生活的本源，进而表达出人与物的和谐。

人机交互的目的以用户为中心，提高用户的满意度和操作效率。一个更高效的人机交互界面不仅会挖掘用户需求的水平，同时也能产生良好的情感体验。人脑中存在着一个受情感和行为习惯支配的高效率的无意识认知系统。根据相关心理学研究，人的认知广度对象在 8 个以内，良好的人机交互可以减少用户的记忆负担和思考的时间，这表明界面布局应尽可能简洁，并符合人的视觉规律[6]。

1.2 无意识认知评价指标

随着眼动技术不断的发展，高精度的眼动仪已经成为心理学研究人脑认知加工的重要仪器，眼动测试被认为是用于记录人脑认知加工有效的数据实验，即人脑认识加工和眼动基本一致。根据认知心理学研究，视觉信息的加工过程分为前期注意阶段和后期注意阶段。前期注意阶段是指眼动不受意识支配，在 250 ms 内首次进入视觉兴趣区，对目标物进行快速的视觉加工，注视点第一次到达兴趣区的时间，即首次进入时间，这也是无意识认知评估非常重要的指标。该指标数值越小，表明该区域获得更大的关注[7]。

1.3 智能冰箱人机界面

智能冰箱人机界面主要包括解锁、间室选择、温度调节等主要信息。智能交互越来越发达，为了满足用户的新的个性化需求，又加入了智能模式、速冷模式、速冻模式、假日模式、节能模式等个性化操作。用户通过显示屏幕与智能冰箱进行交互。显示屏是交互的载体，也是视觉的焦点，用户通过操作触摸屏幕按键可以得到相应的反馈信息。

在智能冰箱人机界面设计研究中，刘浏[8]对冰箱人机界面的发展状况进行了分析和总结；林影丽[9]通过焦点小组法、访谈法等主观评估方法对冰箱人机界面进行设计评估，并结合以用户为中心的设计方法对冰箱界面进行二次设计；黄升[10]通过对智能冰箱用户群体以及他们的生活方式的进行细分，对用户的生活方式进行研究，设计出差异化独特性冰箱界面，设计旨在设计出高效与舒适的操作界面。综上所述，已有文献多从主观评估方法入手，挖掘用户外在的表面现象对智能冰箱人机界面进行设计，很少运用客观评估以及无意识认知评估等客观评估方法，缺乏眼动仪或脑电仪等客观评估实验仪器。

2 可用性眼动评价指标

可用性评估是研究被测试者在使用产品过程中所产生感受和体验的一种评估方法。它不仅可以测试产品的可用性，而且还能为用户提供可靠的改进方案和数据。眼动跟踪和脑电测量技术被认为是更为精确有效的可用性评估方法。与用户问卷调查等主观评估相比，眼动追踪可用性评估更为客观。可用性评估测试是技术人员通过眼动记录观察，被测试者在特定的环境中完成相应任务的测试。

进入次数指的是眼球在 200 ms 内在兴趣区范围内所形成稳定的点。注视点数，即指视线在某一兴趣区域停留的次数。大量实验证明，总的注视点个数是与搜索绩效相关的有效指标，该指标越大，则被测试者对该兴趣区域的关注越高。平均注视时间，即单个注视点在完成各项任务时平均置停的时间。平均注视时间越长，则表示该兴趣区域内搜索信息难度越大[11]。

3 用户体验评估方法

用户体验评估方法主要采用问卷调查法获取被测试者眼动实验后的主观数据。眼动测试实验后，对被测试者进行主观满意度调查并记录其实验中所遇到的问题：(1)人机界面是否美观；(2)人机界面操作过程是否便捷；(3)人机界面整体满意度；(4)人机界面反馈信息设计是否合理；(5)人机界面各种视觉元素是否精简准确。问卷采用 10 级量表(1~10 分)，1 分代表非常不满意，10 分代表非常满意[12]。

4 智能冰箱人机界面的眼动实验

4.1 实验设备

实验采用的眼动仪为 REDn scientific 型遥测式眼动跟踪系统，与戴尔电脑组成的桌面视线追踪系统，采样率 60 Hz 屏幕显示率为 1024×768 像素。被测试者与桌面实现追踪系统，测试视距为 75 cm 左右，双眼采集方式，其余参数系统默认设置。该设备可以有效捕捉被测试者的眼动轨迹、热点图、注视时间等数据变化来满足本次实验的需求。

4.2 实验对象

实验对象为 20 人，其中男性和女性各 10 人，年

龄为 22~25 岁的大学生（包括已婚女性研究生）。裸眼或矫正视力为 1.0，右手利，无色盲，无高度近视。所有被测试者都有操作使用智能冰箱的经验。

本实验评估样本选用市场上销量领先的 3 款智能冰箱，分别为 Ronshen BCD-529 系列、晶弘 BCD-225 系列、晶弘 BCD-600 系列，见图 1，显示屏上包括文字区域和图像区域，主要显示解锁、间室选择、温度调节、智能、速冷、速冻等主要信息。

a 样本1　　b 样本2　　c 样本3

图 1　评估样本

Fig.1　Evaluation of samples

4.3　实验任务

实验开始后，被试者按每个 AOI 区域所对应的实际任务进行认知加工操作，同时记录眼动追踪数据。实验任务共有 6 项，见表 1。

表 1　实验任务描述

Tab.1　Experimental task description

任务编号	任务描述	按键操作
AOI_1	解除锁屏	按“童锁”键
AOI_2	储藏间室选择	按“间室选择”键
AOI_3	温度调节选择	按“温度调节”键
AOI_4	速冷模式	按“速冷”键
AOI_5	速冻模式	按“速冻”键
AOI_6	智能模式	按“智能”键

4.4　实验进程

为了保证实验的有效性，本次实验在同一环境中进行，被测试者首先被要求阅读智能冰箱使用说明书。被测试者情绪平稳，且无外界人为干扰。实验开始前，由研究员讲解实验流程与注意事项。实验具体流程见图 2。

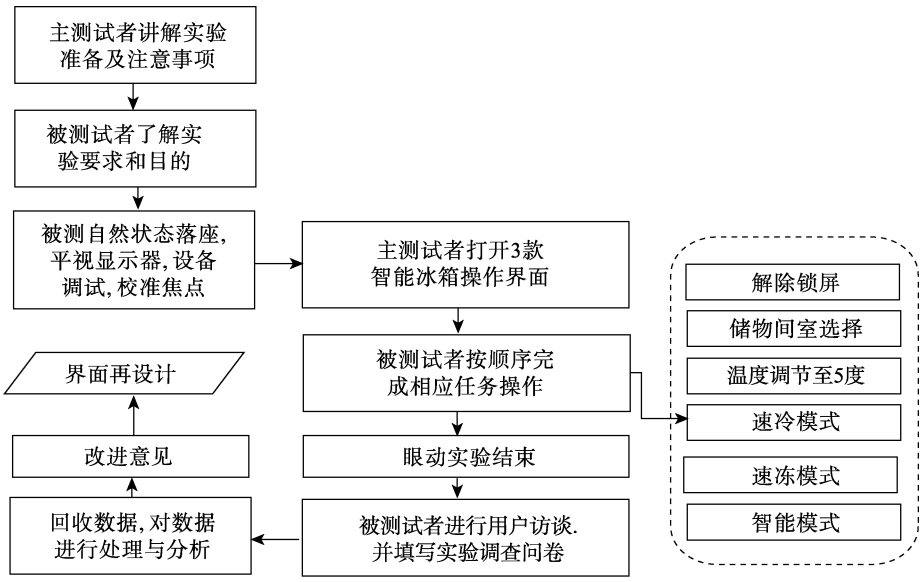

图 2　实验流程

Fig.2　Experimental procedure

被测试者自然舒适地坐在电脑屏幕前，头部保持稳定并佩戴好眼动仪，眼睛目视电脑屏幕兴趣区中心，对被测试者进行多点预测，无数据丢失则进行正式实验。被测试者按照预先设定的任务流程对 3 张智能冰箱人机界面进行浏览操作，被测试者根据实际任务步骤，通过用鼠标点击对应图片中的操作按钮来切换图片，直至结束。实验结束后，对被测试者进行主观问卷调查和用户访谈。

4.5　数据与分析

4.5.1　无意识认知眼动评估分析

被测试者完成实验在 3 个不同样本中各项任务的首次注视时间见表 2。

首次注视时间反映了人眼在人机界面内捕捉各个元素的难易程度。通过数据显示样本 2 和样本 3 的平均首次进入时间较为接近，样本 2 平均进入时间平

均值均低于样本 1 和样本 3，说明样本 2 获得了更多以的关注度。综上所述，样本 2 可以作为较优设计原型。

表 2 首次注视时间
Tab.2 First fixation time

单位：ms

	AOI_1	AOI_2	AOI_3	AOI_4	AOI_5	AOI_6	平均值
样本 1	429.2	787.5	406.6	829.2	891.7	587.2	655.2
样本 2	325.0	324.2	358.4	433.2	325.0	554.2	386.7
样本 3	400.0	362.5	613.4	320.8	541.7	475.0	452.2

4.5.2 可用性眼动评估分析

测试者完成实验所获得 3 个不同样本中各项任务的平均注视时间见表 3。

表 3 平均注视时间
Tab.3 Averaged fixation time

单位：ms

	AOI_1	AOI_2	AOI_3	AOI_4	AOI_5	AOI_6	平均
样本 1	134.0	263.6	246.6	229.2	200.7	242.1	219.4
样本 2	202.8	172.9	213.4	120.8	141.7	175.0	171.1
样本 3	127.2	160.5	141.7	152.1	157.5	169.8	151.5

由表 3 可以看出，样本 2 和样本 3 的平均注视时间各项数值较为接近，平均注视时间均低于样本 1，且样本 3 以微弱优势领先于样本 2。样本 1 的指标在 AOI_2—AOI_5 数值较大，说明该任务区域获取信息难度较大。

被测试者完成实验在 3 个不同样本中各项任务的平均进入次数见表 4。

表 4 平均进入次数
Tab.4 Averaged entry times

单位：个

	AOI_1	AOI_2	AOI_3	AOI_4	AOI_5	AOI_6
样本 1	1.57	2.54	1.22	1.01	1.56	0.85
样本 2	1.30	1.98	2.75	1.52	1.95	1.38
样本 3	1.32	1.85	2.32	1.36	1.03	1.07

由表 4 可以看出，样本 2 兴趣区域进入次数均高于样本 1 和样本 3，且样本 2 的 AOI_3—AOI_6 时间上远大于样本 1 和样本 3，说明样本 2 在 AOI_3—AOI_6 兴趣区域内搜索效率更高。

被测试者完成实验所获得 3 个不同样本中各项任务的平均注视点数目见表 5。

表 5 平均注视点数目
Tab.5 Averaged count of fixation points

单位：个

	文字区域	图像区域	总注视点个数
样本 1	9.5	10.7	20.2
样本 2	8.9	9.2	18.1
样本 3	7.6	13.1	21.7

由表 5 可以看出，样本 1 和样本 3 的平均注视点数值相接近，且高于样本 2。表明样本 1 和样本 3 具有更大的关注度。

眼动实验结束后，对被测试者进行主观问卷调查，包括人机界面美观程度、界面整体满意程度、界面反馈合理程度、界面元素精准程度。主观满意度评分见表 6。可以看出人机界面整体评分中，样本 3 的平均评分最高为 7.61；界面操作流畅程度、界面元素精准程度、界面整体满意度中样本 3 的平均评分最高，分别是 8.22，8.17，7.35；在界面反馈合理程度的评分中样本 2 的评分最高为 8.07。综上所述，虽然样本 2 作为较优设计原型，但是与样本 3 相比差距并不大，所以样本 3 也对最终界面设计也具有一定的指导作用。

表 6 问卷调查结果
Tab.6 Questionnaire results

	人机界面美观程度	界面操作流畅程度	界面反馈合理程度	界面元素精准程度	界面整体满意程度
样本 1	7.18	4.35	6.07	6.53	4.69
样本 2	7.26	6.63	8.07	6.38	5.80
样本 3	6.79	8.22	7.51	8.17	7.35

通过对被测试者进行用户访谈，得到被测试者实验中所遇到的问题如下：(1)速冷和速冻太过于相似，容易按错；(2)温度调节虽然能够清晰显示，但间室选择和调节不方便；(3)整体界面布局分布不合理；(4)除了相应的冰箱内部温度信息外，还缺少日期、天气以及外室外温度的显示。

5 智能冰箱界面再设计

以上述结果为设计指导，展开了对智能冰箱界面的改良设计：(1)文字区与图像显示区分开，图像区获得较大的关注度，而文字区获得关注度较小，起到辅助理解作用，并排上下分布；(2)速冷和速冻过于相似，容易出现操作失误，通过色彩、图案、文字进行区分；(3)冷藏与冷冻分别增加按键区，方便调节温度，取消间室选择，各个间室的温度直接显示在相应区域内；(4)增加日期、天气、室外温度等生活信息，并且在休眠状态也可以显示；(5)解锁图案改变成指纹背景图案，更加直观；(6)根据功能的重要程度、认知优先程度以及人眼视觉习惯对界面布局进行优化，重新布局。综合以上建议，对智能冰箱人机界面进行优化改良再设计，见图 3。

优化改良设计完成后，被测试者通过量表测评对改良后的智能冰箱界面进行主观满意度评分。其人机界面美观程度、界面操作流畅程度、界面反馈合理程度、界面元素精准程度、界面整体满意程度评分值分别为 8.25，8.67，8.50，8.73，8.21。然后，对改良后

的智能冰箱界面和 3 款样本界面的用户满意度评分进行对比，所有被测试者满意度评分见图 4。综合分析结果，说明被测试者更喜欢改良后的智能冰箱界面，用户体验得到提升，并验证了该方案的可行性。

图 3　优化改良设计
Fig.3　Optimized and improved design

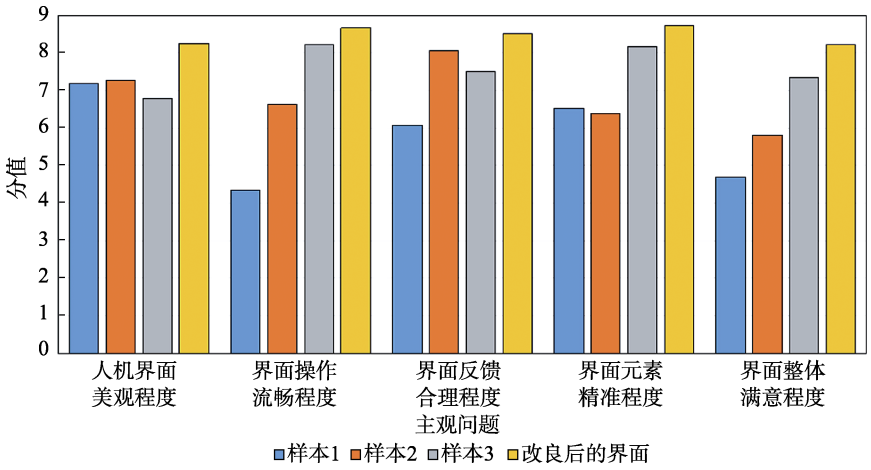

图 4　满意度评分
Fig.4　Satisfaction score

6　结语

本文采用无意识评估、可用性评估相结合的方法，对智能冰箱人机界面进行眼动跟踪测试，并结合用户体验评估方法进行评估分析。通过得出的结论与修改建议，对智能冰箱人机界面进行了改良设计，设计出一款使用效率更高，操作更简便的智能冰箱人机界面。这种方法弥补了单一评估方法存在的不确定或者差异性，该方法也可以延伸拓展到其他人机界面领域，也为智能冰箱人机界面设计提供了一条思路。

参考文献：

[1] 崔天剑，徐碧珺，沈征．智能时代的产品设计[J]．包装工程, 2010, 31(16): 31-34.
CUI Tian-jian, XU Bi-jun, SHEN Zheng. Product Design of the Intelligent Times[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(16): 31-34.

[2] 曹智．智能家电的交互式设计研究[D]．沈阳：沈阳航空航天大学, 2012.
CAO Zhi. The Research on Interactive Design of Intelligent Home Appliances[D]. Shenyang: Shenyang Aerospace University, 2012.

[3] 孙辛欣．基于用户无意识行为的交互界面设计[D]．无锡：江南大学, 2013.
SUN Xin-xin. Design of Interactive Interface Based on User's Unconscious Behavior[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.

[4] 孙辛欣，李世国，靳文奎．基于用户无意识行为的交互设计研究[J]．包装工程, 2011, 32(20): 69-72.
SUN Xin-xin, LI Shi-guo, JIN Wen-kui. Interaction Design Research Based on The User's Unconscious Behavior[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(20): 69-72.

[5] 丁锋，吴卫．深泽直人与他的无意识设计[J]．湖南工业大学学报, 2011, 16(2): 138-141.
DING Feng, WU Wei. Naoto Fukasawa and His "with-out Thought" in Design[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2011, 16(2): 138-141.

[6] 李乐山．工业设计心理学[M]．北京：高等教育出版社, 2004.
LI Le-shan. Industrial Design Psychology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.

[7] HEALEY C G. Large Data Sets at a Glance: Combining Textures and Colors in Scientific Visualization[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 1999, 5(2): 145-167.

[8] 刘浏．厨房家电发展的影响因素探究[J]．包装工程, 2013, 34(24): 99-102.
LIU Liu. Study on the Factors Influencing the Development of Kitchen Household Appliances[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(24): 99-102.

[9] 林影丽．冰箱界面人性化设计研究[D]．天津：天津大学, 2005.
LIN Ying-li. Research on Humanized Design of Refrigerator Interface[D]. Tianjin: Tianjin University, 2005.

[10] 黄升．基于用户生活方式的智能冰箱食品管理界面设计研究[D]．无锡：江南大学, 2016.
HANG Sheng. Research on Intelligent Refrigerator Food Management Interface Design Based on User Lifestyle[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.

[11] 胡凤培．眼部跟踪和可用性测试研究综述[J]．人类工效学, 2005, 16(2): 52-55.
HU Feng-pei. Review of Eye Tracking Technology and Usability Research[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2005, 16(2): 52-55.

[12] 谢伟，辛向阳，丁静雯．基于眼动测试的产品人机界面交互设计研究[J]．机械设计, 2015, 12(32): 110-115.
XIE Wei, XIN Xiang-yang, DING Jing-wen. Interaction Design of Product HMI Based on Eye Tracking Testing[J]. Journal of Machine Design, 2015, 12(32): 110-115.